

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 05-245675

(43)Date of publication of application : 24.09.1993

(51)Int.Cl.

B23K 26/02
B23K 26/00
B23K 26/04
H01L 27/01
// B23K101:38
B23K101:40

(21)Application number : 04-041360

(71)Applicant : HOYA CORP

(22)Date of filing : 27.02.1992

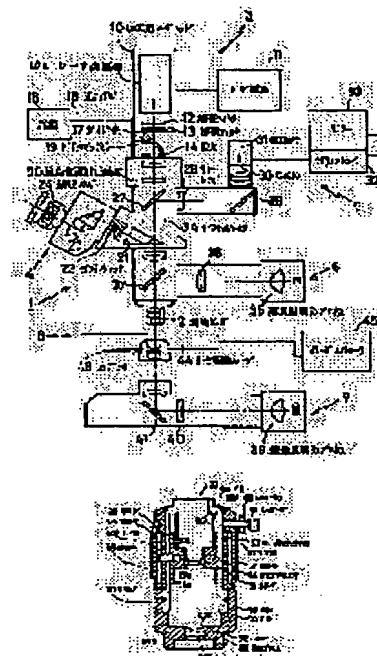
(72)Inventor : TATEOKA SUSUMU

(54) LASER BEAM MACHINE

(57)Abstract:

PURPOSE: To correct the focal position of a laser beam and to control the focal position of the laser beam by an observation light.

CONSTITUTION: A laser beam machine part 3 is mounted on a microscope part 1, a correcting device 50 for the focal position of the laser beam is provided on the same axis with the optical axis of the microscope part 1 and the optical axis of the laser beam between this microscope part 1 and the laser beam machine part 3 and the focal position of the laser beam is coincident with the focal position of the microscope 1 by this focal position correcting device 50. In this way, the focus is set by the microscope part 1 to a machined surface and laser beam machining is performed accurately by the laser beam. Further, the laser beam focal position correcting device 50 is composed of a concave lens 51 and a convex lens 52 arranged at a prescribed interval and a lens interval adjusting mechanism 53 to continuously change the interval between these concave lens 51 and convex lens 52.



LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

01.07.1998

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

3170023

[Date of registration]

16.03.2001

[Number of appeal against examiner's decision
of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's
decision of rejection]

[Date of extinction of right]

(19)日本国特許庁(JP)

(12) 公開特許公報(A)

(11)特許出願公開番号

特開平5-245675

(43)公開日 平成5年(1993)9月24日

(51)Int.Cl. ⁵	識別記号	庁内整理番号	F I	技術表示箇所
B 2 3 K 26/02	C	7425-4E		
26/00	H	7425-4E		
26/04	C	7425-4E		
H 0 1 L 27/01	3 2 1	8418-4M		
// B 2 3 K 101:38				

審査請求 未請求 請求項の数 2 (全 8 頁) 最終頁に続く

(21)出願番号 特願平4-41360

(22)出願日 平成4年(1992)2月27日

(71)出願人 000113263

ホーヤ株式会社

東京都新宿区中落合2丁目7番5号

(72)発明者 館岡 進

東京都新宿区中落合2丁目7番5号 ホー

ヤ株式会社内

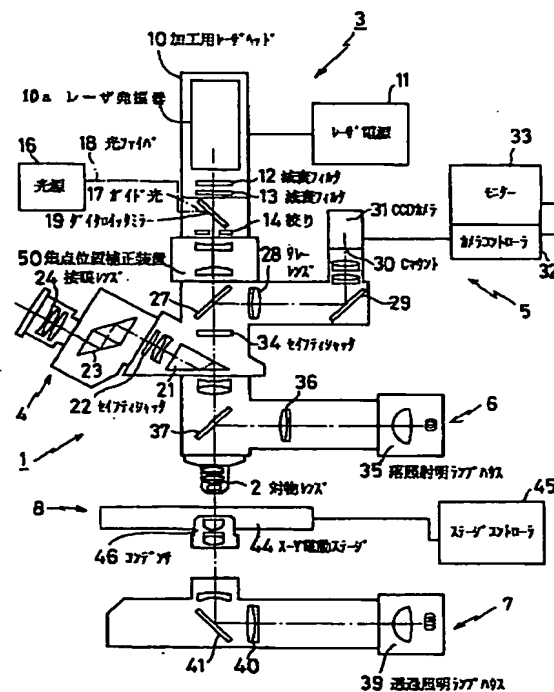
(74)代理人 弁理士 阿仁屋 節雄 (外2名)

(54)【発明の名称】 レーザ加工装置

(57)【要約】

【目的】 レーザ光の焦点位置を補正し、観察光によってレーザ光の焦点位置を調整できるようにする。

【構成】 顕微鏡部1にレーザ装置部3を搭載し、この顕微鏡部1とレーザ装置部3との間に、顕微鏡部1の光軸及びレーザ光の光軸と同軸上にレーザ光焦点位置補正装置50を備え、この焦点位置補正装置50によってレーザ光の焦点位置を顕微鏡部1の焦点位置に合致させる。これにより、顕微鏡部1で加工面に焦点を合わせ、レーザ光で正確にレーザ加工を行う。また、レーザ光焦点位置補正装置50としては、所定間隔において配設した凹レンズ51及び凸レンズ52と、これら凹レンズ51及び凸レンズ52間の間隔を連続的に変化させるレンズ間隔調整機構53とから構成する。



【特許請求の範囲】

【請求項1】 レーザ発振器から出射されたレーザ光の光軸と顕微鏡の観察光の光軸を一致させ、顕微鏡の対物レンズを介して対象物にレーザ光を照射することにより対象物を加工するレーザ加工装置において、前記レーザ光の光軸上に、レーザ光の焦点位置と観察光の焦点位置とを一致させるレーザ光焦点位置補正装置を備えたことを特徴とするレーザ加工装置。

【請求項2】 前記レーザ光焦点位置補正装置は、所定間隔において配設された凹レンズ及び凸レンズと、これら凹レンズ及び凸レンズ間の間隔を変化させるレンズ間隔調整機構とから構成された前記請求項1記載のレーザ加工装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【産業上の利用分野】本発明は、半導体等のマイクロデバイスの薄膜除去等を行うレーザ加工装置に関し、特にLCD、TPH（サーマルプリンタヘッド）、SAWデバイス、マスク等の欠陥除去、LSI不良解析のための配線パタンカット、ハイブリッドICのトリミング等の各種マイクロデバイスの開発に用いられるレーザ加工装置に関する。

【0002】

【従来の技術】一般に、レーザ加工装置としては、図2に示す構成のものが知られている。

【0003】以下、このレーザ加工装置の構造を概説する。このレーザ加工装置は主に、顕微鏡部71と、この顕微鏡部71の光軸にレーザ光の光軸を一致させ、顕微鏡部71の対物レンズ72を介して被加工物にレーザ光を照射するレーザ装置部73とから概略構成されている。

【0004】また、顕微鏡部71は、操作者が被加工物を直接観察する接眼レンズ部74と、モニターに写して観察するモニター部75と、落射及び透過照明装置76, 77と、被加工物を載置する電動ステージ装置78とから概略構成されている。

【0005】そして、被加工物は電動ステージ装置78に載置され、接眼レンズ部74で観察光（中心波長はd line=587.6nm）を用いて焦点位置（加工目標位置）が合わせられ、加工目標位置にレーザ光（波長=1064nm）が顕微鏡部71の対物レンズ72を通り照射される。

【0006】

【発明が解決しようとする課題】ところで、前記従来のレーザ加工装置では、前述したように観察光を用いて顕微鏡部71で焦点位置を合わせて加工目標位置を特定し、この加工目標位置にレーザ光を照射し、レーザ加工を行う。

【0007】ところが、顕微鏡の観察光学系は中心波長をd line (=587.6nm) に設計されているのに対して、レーザ光は波長=1064nmである。このため、観察光を用い

て顕微鏡で焦点を調整する場合、観察光とレーザ光の波長の相違からレーザ光の焦点がずれてしまう。この結果、レーザ光での加工形状が絞り形状からずれてしまい、予め設定した加工形状にならないという問題点がある。

【0008】本発明は前述した問題点に鑑みなされたもので、その目的は、観察光の焦点位置とレーザ光の焦点位置とのずれを補正し、観察光によりレーザ光の焦点位置を確実に調整できるレーザ加工装置を提供することにある。

【0009】

【課題を解決するための手段】上記目的を達成するために本発明は、顕微鏡にレーザ発振器を搭載し、レーザ光の光軸と顕微鏡の光軸を一致させ、顕微鏡の対物レンズを介して対象物にレーザ光を照射し薄膜除去等を行うレーザ加工装置において、前記レーザ光の光軸上にレーザ光焦点位置補正装置を備えたことを特徴とする。

【0010】前記レーザ光焦点位置補正装置としては、所定間隔において配設された凹レンズ及び凸レンズと、これら凹レンズ及び凸レンズ間の間隔を連続的に変化させるレンズ間隔調整機構とから構成することが望ましい。

【0011】

【作用】前記構成により、レーザ光焦点位置補正装置でレーザ光の焦点位置を最適状態に補正し、顕微鏡の対物レンズによる観察光の焦点位置と加工用レーザ光の焦点位置とを正確に合致させる。これにより、レーザ光での加工形状が、指定した絞り形状に精度良く合わり、マイクロデバイス等を設定した形状に確実に加工することができる。

【0012】また、レーザ光焦点位置補正装置として凹レンズ及び凸レンズを用い、レンズ間隔調整機構で各レンズの間隔を連続的に調整することで、焦点距離を微調整し、レーザ光の焦点位置を顕微鏡の焦点位置に正確に合わせることができる。

【0013】

【実施例】以下、本発明の実施例を添付図面に基づいて説明する。

【0014】本実施例のレーザ加工装置は、前記従来技術のレーザ加工装置と同様、顕微鏡にレーザ装置を搭載したものである。このレーザ加工装置は、図1に示すように主に、顕微鏡部1と、この顕微鏡部1の光軸にレーザ光の光軸を一致させ、顕微鏡部1の対物レンズ2を介して被加工物にレーザ光を照射するレーザ装置部3とから概略構成されている。

【0015】また、顕微鏡部1は、操作者が被加工物を直接観察する接眼レンズ部4と、モニターに写して観察するモニター部5と、落射及び透過照明装置6, 7と、被加工物を載置する電動ステージ装置8とから構成されている。

【0016】レーザ装置部3は主に、光源であるレーザ発振器10aを備えた加工用レーザヘッド10と、このレーザヘッド10のレーザ電源11と、2枚組合わせることで偏光板の組合わせとなり、加工用としての出力までレーザ光の出力を減衰させるための2つの減衰フィルタ12、13と、被加工物へのレーザ照射範囲を制限する絞り14と、レーザ光の光軸と顕微鏡部1の観察光の光軸とを一致させるアジャスタ（図示せず）とから構成されている。なお、16は絞り14の調整等に用いるガイド光の光源で、この光源16からのガイド光17は光ファイバ18、ダイクロイックミラー19を介して顕微鏡部1の光軸に導かれるようになっている。光源16としてはハロゲンランプが用いられ、ガイド光の波長は587.56nmとなっている。また、レーザ発振器10aとしてはQスイッチ式空冷式YAGレーザ発振器等が用いられている。さらに、絞り14は対物レンズ2の物点と像点の関係にあり、共焦点の位置関係にある。このため、対物レンズ2の倍率の逆数倍にて絞り外径が物体上に投影される。

【0017】接眼レンズ部4は主に、顕微鏡部1の光軸から観察光を取り出すプリズム21と、内部反射や被加工物から反射したレーザ光による障害を防止する、安全保護のためにセーフティシャッター22と、光路を変更するプリズム23と、接眼レンズ24とから概略構成されている。

【0018】モニター部5は主に、顕微鏡部1の光軸から観察光を取り出すハーフミラー27と、取り出した観察光を後述のCCDカメラ31まで送るリレーレンズ28、ミラー29等と、Cマウント30を介して取付けられたCCDカメラ31と、CCDカメラ31でとらえた映像を写し出すカメラコントローラ32、モニター33とから概略構成されている。さらに、ハーフミラー27の対物レンズ2側には内部反射や被加工物から反射したレーザ光によるCCDカメラ31の破損等を防止する、安全保護のためにセーフティシャッター34が設けられている。

【0019】落射照明装置6は、光源を内蔵した落射照明ランプハウス35、レンズ36及びハーフミラー37等から構成され、顕微鏡部1の光軸から対物レンズ2を介して被加工物を照明する。また、透過照明装置7は、光源を内蔵した透過照明ランプハウス39、レンズ40、ミラー41等から構成され、後述のコンデンサ46を介して被加工物を照明する。

【0020】電動ステージ装置8は、被加工物を載置してXY方向に移動するX-Y電動ステージ44と、この電動ステージ44の動きを制御するステージコントローラ45とから概略構成されている。なお、電動ステージ44の下側には、透過照明装置7による照明光を被加工物に集光して照射するコンデンサ46が取付けられている。

【0021】さらに、顕微鏡部1とレーザ装置部3の間には、顕微鏡部1の光軸及びレーザ光の光軸と同軸上にレーザ光焦点位置補正装置50が設けられている。このレーザ光焦点位置補正装置50は、図3及び図4に示すように主に、所定間隔をおいて配設された凹レンズ51及び凸レンズ52と、これら凹レンズ51及び凸レンズ52間の間隔（以下「空気間隔」という）を連続的に変化させるレンズ間隔調整機構53とから構成されている。

【0022】このレーザ光焦点位置補正装置50の全体構成は主に3つの筒体状の枠体、即ち顕微鏡部1側及びレーザ装置部3側に直接取付けられる外枠55と、この外枠55の内側に装着される中枠56と、この中枠56の内側に摺動自在に装着される移動枠57とからなる。

【0023】外枠55は後述の回転枠65が装着される部分で上部外枠55Aと下部外枠55Bとに分断され、これらは中枠56によって接続されている。下部外枠55Bの下側部には、縮径して形成され、凸レンズ52を固定支持する凸レンズ取付け部55Cが設けられている。この凸レンズ取付け部55Cの内側上端部には凸レンズ52の上側を係止するための係止用縮径段部55Dが設けられている。そして、凸レンズ取付け部55Cに凸レンズ52がその凸面をレーザ光入射側に向けて装着され、係止用縮径段部55Dに当接した状態でリング状の凸レンズ押え58によって固定支持されている。なお、凸レンズ52の凸面をレーザ光入射側に向けて装着するのは、この凸レンズ52が凸レンズ取付け部55Cに装着されたときに、そのレーザ光入射側に向けた凸面の曲率により光軸が精度良く合致するようにするためである。

【0024】中枠56はその下側部が押えネジ61で下部外枠55Bに固定され、その上側部が上部外枠55Aに固着されている。中枠56の上端部には縮径した段部が形成され、後述のパネ69の押え部56Aとなっている。中枠56の周壁には縦方向（軸方向）に長溝56Bが設けられ、後述の調整ネジ64の縦方向への移動を許容するようになっている。

【0025】中枠56の外周にはリード環63が、前記上部外枠55Aと下部外枠55Bとに挟まれた状態で、回転自在に嵌合されている。このリード環63は筒状に形成され、その周壁部には図4に示すように螺旋状に形成したリード溝63Aが設けられている。このリード溝63Aには調整ネジ64が挿入される。さらに、リード環63の外周には回転枠65が装着されている。この回転枠65は押えネジ66でリード環63に固定され、回転枠65を回転させることによりリード環63が回転するようになっている。回転枠65にはリード環63を貫通した状態でストッパネジ67が取付けられている。このストッパネジ67はねじこまれることで中枠56と圧接して回転枠65及びリード環63を中枠56に固定し

回転を防止するようになっている。なお、68はストップパネジ67のゆるみ止めとしてのストッパリングである。

【0026】移動枠57は中枠56の内周に装着され、この中枠56内周で上下に摺動できるようになっている。移動枠57は筒状の外形を有しおり、その中央部内周を縮径して凹レンズ支持筒部57Aが設けられてる。この凹レンズ支持筒部57Aの下端部にはレンズ係止部57Bが設けられ、凹レンズ51はその凹面をレーザ光入射側に向けた状態で上方から凹レンズ支持筒部57Aに装着されている。そして、この凹レンズ51は凹レンズ押えリング68で固定支持されている。なお、凹レンズ51の凹面をレーザ光入射側に向けて凹レンズ支持筒部57Aに装着するのは、レーザ光入射側に向けた凹面により入射レーザ光の反射光が直接レーザ発振器10aに戻る比率を減少させ、レーザ発振を安定させるためである。

【0027】凹レンズ支持筒部57Aの上側面と中枠56の押え部56Aとの間にはパネ69が取付けられ、移動枠57を下方へ付勢している。移動枠57の外周には調整ネジ64が螺合されている。そして、調整ネジ64が中枠56の長溝56Bに支持されて回転方向を規制された状態で、回転枠65を回転させることによりリード環63が回転し、調整ネジ64がリード溝63A内を摺動して中枠56の長溝56Bに沿って上下に移動し、移動枠57が中枠56内で上下に摺動するようになっている。これにより、凹レンズ51と凸レンズ52との間の空気間隔が調整される。このとき、負の焦点距離をもった凹レンズ51ではレーザ光の径が拡大され、正の焦点距離をもった凸レンズ52では縮小される。このため、基準状態から、各レンズ51、52の空気間隔を調整することで、出射光を集束光として焦点距離を短くし、または拡散光として焦点距離を長くして合成焦点距離を微調整することができる。ここで、基準状態とは、平行光として入射したレーザ光をそのまま平行光として出射させる、単にコリメータとして機能する状態をいう。

【0028】そして、前記中枠56、移動枠57、リード環63、調整ネジ64及び回転枠65でレンズ間隔調整機構53が構成されている。

【0029】なお、レーザ光焦点位置補正装置50を、凹レンズ51と凸レンズ52とからなるエキスパンダー光学系によって構成したのは以下の理由による。

【0030】エキスパンダー光学系には、凹レンズと凸レンズとを組合わせたガリレオ型と凸レンズと凸レンズとを組合わせたケプラー型があるが、ケプラー型の場合にはレンズとレンズとの間で焦点を結ぶため、高パルスレーザではエアブレイクダウンを起こし、実用的ではない。また、エキスパンダー光学系の場合には、加工用レーザがこの光学系の第1面に光軸と平行に入射し、最終面から光軸と平行に出射するため、焦点距離は無限遠

となり、パワー（1/焦点距離）は零となる。このため、エキスパンダー光学系によるレーザ光焦点位置補正装置50を他の光学系に介装することによる影響がほとんどない。

【0031】また、レーザ光焦点位置補正装置50を構成するレンズの枚数としては少ない方がよいが、1枚のレンズから構成すると、レンズの移動量に比較して焦点の移動量が非常に大きくなって微調整が難しいため、複数枚のレンズを用いる必要がある。そして、複数枚の最小値である2枚のレンズによる場合は、入射した平行光をそのまま平行光として出射させることが可能であり、さらに、2枚のレンズの間隔を調整することで焦点の移動量を微調整することができるため、2枚構成の光学系が最適である。

【0032】このため、レーザ光焦点位置補正装置50を、凹レンズ51と凸レンズ52とを組合わせたガリレオ型のエキスパンダー光学系によって構成することとした。

【0033】本実施例のレーザ加工装置は以上のように構成されるが、次にその作用について説明する。

【0034】まず、接眼レンズ部4またはモニター部5を見ながら、観察光を用いて電動ステージ44に載置された被加工物の加工面に焦点を合わせる。

【0035】次いで、被加工物の加工面にレーザ光を照射する。具体的には加工用レーザヘッド11がレーザ電源12に制御されてレーザ光を出射し、減衰フィルタ13、14で被加工物の加工用として使用できる出力まで減衰されて絞り14を通過する。さらに、レーザ光焦点位置補正装置50を通過して顕微鏡部1に入射し、その光軸に沿って対物レンズ2に入射する。そして、観察光を用いて焦点を調整された被加工物の加工面にレーザ光を照射し、レーザ加工を行う。なお、加工の対象となるものとしては、半導体等のマイクロデバイスの薄膜除去等、LCD、TPH、SAWデバイス、マスク等の欠陥除去、LSI不良解析のための配線パタンカット、ハイブリッドICのトリミング等がある。

【0036】一方、観察光による焦点位置とレーザ光により焦点位置とがずれるときにはレーザ光焦点位置補正装置50によって微調整を行う。この微調整は次のようにして行う。なお、この微調整は通常、初期設定または対物レンズ2の倍率を変更したときに行う。

【0037】(1) 最初にX-Y電動ステージ44上に被加工物を載置し、接眼レンズ部4またはモニター部5を見ながら、観察光を用いて被加工物の加工面に焦点を合わせる。

【0038】(2) レーザ光焦点位置補正装置50を基準状態にしておいて、被加工物の加工面にレーザ光を試験的に照射する。

【0039】(3) 照射したレーザ光により加工形状をモニター33に映し出し、その径を測定する。この測

定した径と基準寸法とを比較し、その違いから凹レンズ51を移動させる方向及び移動量を決定する。ここで、基準寸法とは次のものをいう。観察光を用いて被加工物の加工面に焦点を合わせ、同時にレーザ光の焦点も加工面に正確に合っている状態で、レーザ加工を行ったときの加工形状の寸法をいう。さらに、実際に測定した径と基準寸法との差と、凹レンズ51を移動させる方向及び移動量との関係は、予め実測等により設定されている。

【0040】(4) 次いで、決定した凹レンズ51の移動方向及び移動量に応じて回転枠65を回転させる。即ち、ストッパリング68をゆるめストッパネジ67をゆるめて、回転枠65をこの回転枠65に刻まれた目盛等に沿って移動方向及び移動量分だけ回転させる。これにより、前述した作用で凹レンズ51が微小量移動し、レーザ光の焦点位置を観察光による焦点位置に合致し、絞り形状と加工形状とが正確に一致する。

【0041】この一例を図5に示す。図5(A)は光源16からのガイド光の光線図で、図5(B)はレーザ光の光線図である。ガイド光の波長は587.56nmであり、観察光の中心波長と同じ波長となっている。レーザ光の波長は1064nmである。凹レンズ51の焦点距離は-15mm、凸レンズ52の焦点距離は50mm、対物レンズ2の焦点距離は5.4mm、凸レンズ52から対物レンズ2までの距離は110mmとする。

【0042】ガイド光の場合、空気間隔が34.5mmのときに射出光が平行光となり、対物レンズ2の焦点位置は3.18mmとなる。従って、ガイド光によって焦点位置を調整すると、加工面は対物レンズ2から3.18mmの位置になる。

【0043】これに対してレーザ光の場合、空気間隔を43mmとすると、対物レンズ2から加工面までの距離は3.18mmとなり、ガイド光により調整した焦点位置と一致する。

【0044】このようにしてレーザ光の焦点位置とガイド光の焦点とを合致させた上で、ガイド光(観察光)により加工面に焦点を合わせ、レーザ光で正確にレーザ加工を行う。

【0045】以上により、ガイド光(観察光)と波長の異なる各種のレーザ光に対して、その焦点位置をガイド光の焦点位置に容易にかつ正確に合致させることができ、ずれのない正確なレーザ加工を施すことができるようになる。

【0046】また、構造が簡単で安価なレーザ光焦点位置補正装置50により、各種のレーザ光の波長に対応でき、レーザ用特殊赤外顕微鏡を用いる必要もないので、低コストのレーザ加工装置を提供することができるようになる。

【0047】なお、本実施例のレーザ光焦点位置補正装

置50では、各レンズをレーザ光の進行方向に凹レンズ51、凸レンズ52の順に配設した構成としたが、焦点位置の微調整を行う機能としては凸レンズ52、凹レンズ51の順に配設してもよい。また、レンズの配設枚数も、使用するレーザ光の波長、装置の条件等の相違に応じて適宜設定してよい。

【0048】また、レンズ間隔調整機構53としても、凹レンズ51の微小な移動を正確に行うことができる構成であれば、他の機構でもよい。凹レンズ51の移動も、本実施例では連続的に移動させる機構としたが、間欠的に移動するようにしてもよい。

【0049】さらに、本実施例では顕微鏡部1とレーザ装置部3を一体に形成したが、これに限らずレーザ装置部3を別体として設け、光ファイバを介して顕微鏡部1に接続しても、前記同様の作用、効果を奏することができる。

【0050】

【発明の効果】以上、詳述したように本発明によれば、レーザ光焦点位置補正装置でレーザ光の焦点位置を最適状態に補正し、顕微鏡の対物レンズによる観察光の焦点位置と加工用レーザ光の焦点位置とを正確に合致させることができるようになり、レーザ光での加工形状が、指定した絞り形状に精度良く合致し、マイクロデバイス等を設定した形状に確実に加工することができる。

【0051】また、レーザ光焦点位置補正装置として凹レンズ及び凸レンズを用い、レンズ間隔調整機構で各レンズの間隔を連続的に調整することで、焦点距離を微調整し、レーザ光の焦点位置を顕微鏡の焦点位置に正確に合わせることができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明に係るレーザ加工装置を示す概略構成図である。

【図2】従来例のレーザ加工装置を示す概略構成図である。

【図3】本発明の係るレーザ光焦点位置補正装置を示す縦断面図である。

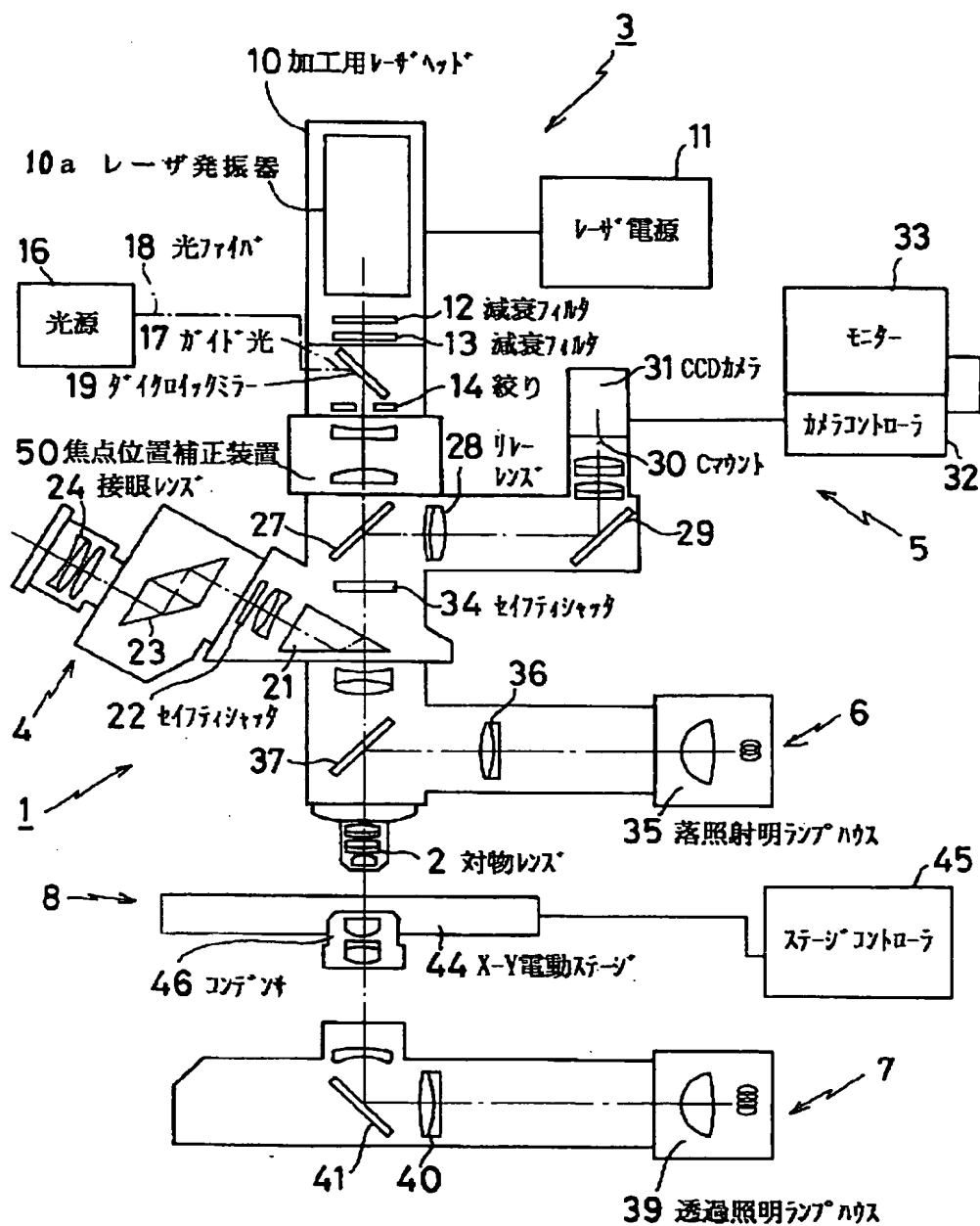
【図4】レーザ光焦点位置補正装置のリード環を示す斜視図である。

【図5】観察光とレーザ光の光線状態を示す状態図である。

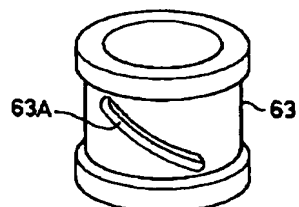
【符号の説明】

1…顕微鏡部、2…対物レンズ、3…レーザ装置部、4…接眼レンズ部、5…モニター部、6…落射照明装置、7…透過照明装置、8…電動ステージ装置、10…加工用レーザヘッド、50…レーザ光焦点位置補正装置、51…凹レンズ、52…凸レンズ、53…レンズ間隔調整機構。

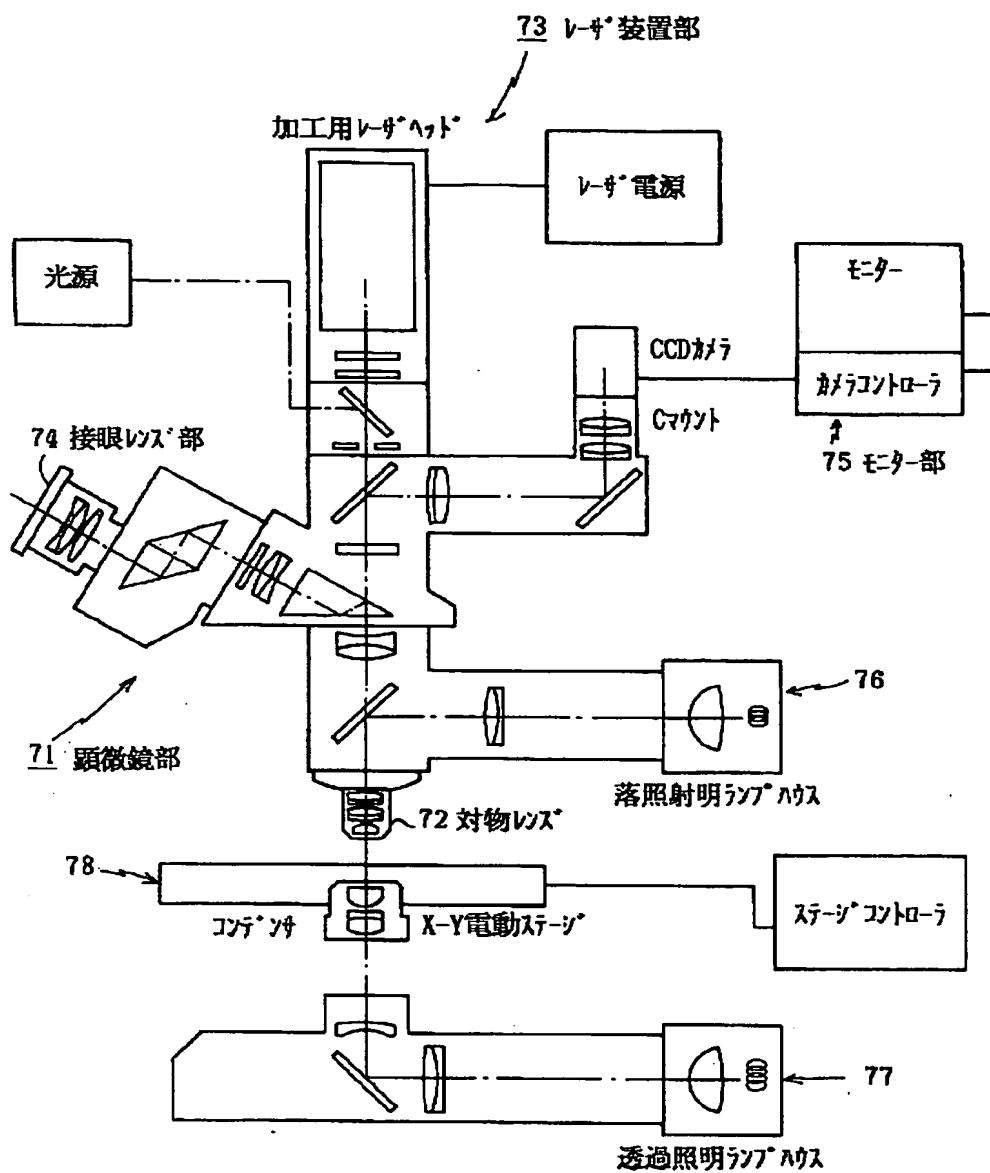
【図1】



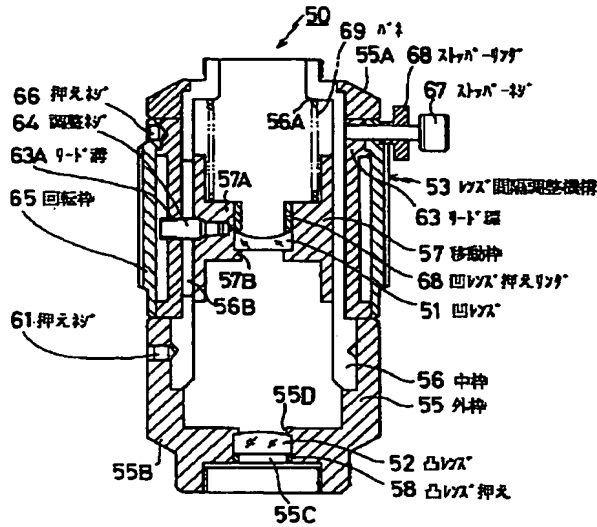
【図4】



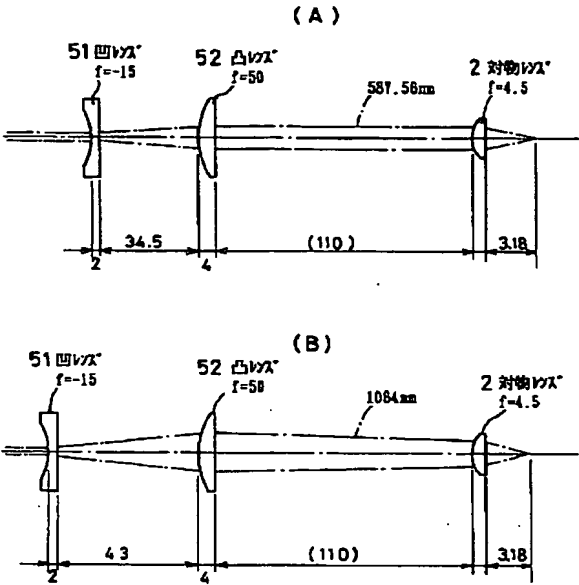
【図2】



【図3】



【図5】



フロントページの続き